

## 明 細 書

### 力学量センサ

### 技術分野

[0001] この発明は、加速度、角加速度、角速度、荷重等の力学量を検出する力学量センサに関するものである。

### 背景技術

[0002] 圧電振動子を備えた加速度センサとして、本願出願人は特許文献1を出願している。

[0003] この加速度センサは、加速度によって加わる応力が互いに逆である2つの圧電振動子と、2つのコンデンサを含む負荷インピーダンスでブリッジ回路を構成し、その平均出力間に分圧インピーダンス回路を設け、その分圧インピーダンス回路の分圧点の信号を帰還信号処理回路によって2つの圧電振動子の接続点に帰還させて発振回路を構成し、ブリッジ回路の平均出力間の発振出力位相差を検出して、これを加速度検出信号として出力するものである。

[0004] しかし、上記特許文献1に記載の加速度センサにおいては、2つの圧電振動子と2つのコンデンサを含む負荷インピーダンスとでブリッジ回路を構成しているので、ブリッジが平衡状態にならないと発振出力位相差が0にならない。すなわち2つの圧電振動子に加わる応力が共に0であっても、加速度センサの出力が0にならない。また、位相シフト回路によって、加速度に対する感度を最良点に合わせるための制御が困難であるという課題があった。

[0005] さらに、圧電振動子と回路との間隔は10cm以上になる用途が想定されるため、原理的に、圧電振動子と回路間の距離をその程度に離しても問題が生じにくい検出方式が望まれていた。

[0006] そこで、本願出願人は、特許文献2にて上記課題を解決した力学量センサを出願している。その力学量センサは、力学量によって加わる応力が互いに逆である2つの圧電振動子と、該2つの圧電振動子に対して共通に電圧信号を印加する電圧信号印加回路と、前記2つの圧電振動子に流れる電流信号をそれぞれ電圧信号に変換

する電流電圧変換回路と、該電流電圧変換回路の出力信号同士の位相差を検出して力学量検出信号を出力する位相差信号処理回路とを備えている。

[0007] ここで特許文献2で示した力学量センサの構成例を図9を基に説明する。

[0008] 図9において、加速度検出素子10は、加速度によって加わる応力の方向が互いに逆である2つの圧電振動子Sa, Sbからなる。この圧電振動子Sa, Sbには直列に抵抗RLa, RLbを接続している。電流電圧変換—信号加算回路11は、加速度検出素子10の2つの圧電振動子Sa, Sbに流れる電流信号を電圧信号に変換して、Sa信号およびSb信号を出力する。また、両信号の加算信号を出力する。

[0009] 電圧増幅—振幅制限回路12は、上記加算信号を電圧増幅するとともに、その振幅制限を行い、加速度検出素子10に対して電圧信号Voscを出力する。この電圧信号Voscは、2つの圧電振動子Sa, Sbの共通接続点に印加する。

[0010] 位相差電圧変換回路13は、電圧信号として変換されたSa信号とSb信号との位相差に比例した電圧信号を生成する。

[0011] 増幅—フィルタ回路14は、位相差電圧変換回路13により変換された電圧信号を所定のゲインで増幅し、不要な周波数帯域の成分を除去して、加速度検出信号として出力する。

[0012] 図9の回路で、圧電振動子SaとSbの共振周波数を揃え、Voscの周波数をSaとSbの共振周波数 $f_r(0)$ とし、圧電振動子Sa、圧電振動子Sbには、それぞれ圧縮(引っ張り)、引っ張り(圧縮)という具合に、逆相の応力が印加されると、増幅—フィルタ回路14から出力信号を取り出すことができる。

[0013] Voscは、圧電振動子Sa, Sb、電流電圧変換—信号加算回路11、および電圧増幅—振幅制限回路12の回路をループとする自励発振回路の帰還電圧信号である。

特許文献1:特開2002-243757公報

特許文献2:特開2003-254991公報

#### 発明の開示

[0014] 図9に示したように、圧電振動子Sa, Sbに対して直列に抵抗RLa, RLbを接続しているため、ダンピング比が大きくなり、広い温度範囲に亘って加速度検出感度の変化率を小さくでき、環境温度に対して安定化できる。

- [0015] ここで上記圧電振動子に対して接続する抵抗の大きさと加速度検出感度(G感度)の温度特性変化率の関係を図10の(A)に示す。ここで横軸のダンピング比は、上記  $RLa=RLb=RL$  とし、圧電振動子の共振周波数での抵抗値を共振抵抗としたときに、「ダンピング比  $= RL / \text{共振時の抵抗値}$ 」で求められる値である。縦軸は使用全温度範囲( $-40^{\circ}\text{C}$ から $+85^{\circ}\text{C}$ )での加速度検出感度の変化率レンジ(最大値-最小値)である。このようにダンピング比を大きくするに従い、加速度検出感度変化率レンジが小さくなり、温度変化に対して安定になることが分かる。
- [0016] ところが発明者の実験によれば、ダンピング比を2とした時には正常動作したが、ダンピング比を6にまで高めると異常発振して力学量センサとして正常に動作しないことが分かった。またその異常発振の原因は、ダンピング比を大きくすることによって所望発振周波数でのレスポンスが低下し、不要発振周波数でのレスポンスとの差が小さくなることであることも分かった。
- [0017] ここで、図9に示した加速度検出素子10、電流電圧変換-信号加算回路11および電圧増幅-振幅制限回路12とによる自励発振回路のオープンループゲインの周波数特性を、ダンピング比を2とした場合について図10の(B)に、ダンピング比を6とした場合について図10の(C)にそれぞれ示す。ここでSは所望発振周波数でのレスポンス、Nはそれより高い周波数で現れるゲインの高い不要発振周波数帯域でのレスポンスである。一般に、異常発振を防ぐには、所望発振周波数でのレスポンスSのゲイン $G_s$ と不要周波数帯域でのレスポンスNの最大ゲイン $G_n$ との差が10dB以上であることが必要とされている。この従来例で、ダンピング比を2とした場合には、その差が11.5dBになり異常発振しないが、ダンピング比を6とした場合には、その差が6.3dBとなって異常発振してしまう。
- [0018] なお、上述の課題は、加速度を検出するセンサに限らず、角加速度、角速度、荷重等の力学量に応じて圧電振動子に流れる電流が変化するようにしたセンサに生じる共通の課題である。
- [0019] 前述の不要周波数帯での信号強度を抑制するために前記自励発振回路の発振ループ内に周波数フィルタを設けることが考えられる。しかし周波数フィルタは位相特性を備えているので、帰還信号の周波数変化に対する位相の変化率(位相傾斜)が

急峻になる。しかも周波数フィルタの位相特性にはばらつきがあるので、単に周波数フィルタを挿入しただけでは、その周波数フィルタの位相特性のばらつきの影響を大きく受けて、検出感度のばらつきや検出感度の温度変化率が增大するといった新たな問題が生じる。

[0020] そこで、この発明の目的は、上記異常発振の問題を回避して、より広い温度範囲に亘って安定した力学量検出感度を得られるようにした力学量センサを提供することにある。

[0021] そこで、この発明は、力学量によって加わる応力が互いに逆である2つの圧電振動子と、該2つの圧電振動子に対して共通に電圧信号を印加する電圧信号印加回路と、2つの圧電振動子に流れる電流信号をそれぞれ電圧信号に変換する電流電圧変換回路と、該電流電圧変換回路の出力信号同士の位相差を検出して力学量検出信号を出力する位相差信号処理回路とを設けてなる力学量センサにおいて、2つの圧電振動子の電流経路に抵抗を接続し、電圧信号印加回路を、2つの圧電振動子に流れる電流の加算値に相当する加算信号を電圧増幅する電圧増幅回路と、該電圧増幅回路から出力される電圧信号の振幅を所定値に制限する振幅制限回路と、2つの圧電振動子に対して共通に印加する帰還電圧信号と前記加算信号との位相差を検出し、該位相差が所定値となるように帰還電圧信号の位相を制御する位相制御回路と、帰還電圧信号の不要な周波数成分を抑圧するフィルタ回路とから構成して、圧電振動子と、電圧増幅回路と、振幅制限回路と、位相制御回路と、フィルタ回路とで発振動作させるようにしたことを特徴としている。

[0022] この構成により、2つの圧電振動子に対する帰還電圧信号の不要な周波数成分をフィルタ回路によって抑圧し、且つ位相制御回路によって、圧電振動子に対する帰還電圧信号と、2つの圧電振動子に流れる電流の加算値に相当する加算信号との位相差が所定値となるように帰還電圧信号の位相を制御するので、フィルタ回路の挿入によって位相傾斜が急峻になるのを防止して、検出感度のばらつきや温度変化率を小さく抑える。

[0023] また、この発明は、前記フィルタ回路を、発振周波数を通過帯域に含むローパスフィルタとし、位相制御回路を、加算信号と帰還電圧信号との位相差を電圧信号に変

換する位相差電圧変換回路と、該位相差電圧変換回路の出力信号と基準信号とを比較する比較回路と、該比較回路の出力電圧によってインピーダンスが変化する電圧制御抵抗回路と、該電圧制御抵抗回路のインピーダンスによって位相が変化するオールパスフィルタとから構成したことを特徴としている。

[0024] このように位相制御回路にオールパスフィルタを設け、加算信号と帰還電圧信号との位相差を電圧信号に変換し、この電圧信号と基準信号との比較結果によってオールパスフィルタの位相を制御することによって、ゲインを一定としたまま位相制御を行って安定した発振を維持できるようにする。

[0025] また、この発明は、前記位相制御回路を、前記帰還電圧信号と前記加算信号との位相差を力学量の検出感度が最大となるように位相制御するものとする。

[0026] これにより、力学量の検出感度を最大とする。

[0027] また、この発明は、前記力学量を、たとえば加速度、角加速度、角速度、荷重とする。

[0028] この発明によれば、力学量によって加わる応力が互いに逆である2つの圧電振動子のそれぞれに抵抗を接続してダンピング比を大きくすることにより、加速度検出感度変化率レンジが小さくなって、温度変化に対して安定になる。しかも、2つの圧電振動子に対して共通に印加する帰還電圧信号と2つの圧電振動子に流れる電流の加算信号との位相差が所定値に保たれ、且つ帰還電圧信号の不要な周波数成分が抑圧されるので、フィルタ回路を挿入したことによる位相傾斜の急峻化が防止されて、検出感度のばらつきや温度変化率が小さく抑えられる。さらに、位相制御によって加速度検出素子に対する帰還電圧信号の位相が安定し、発振動作が安定するので、力学量検出信号に含まれるノイズ成分が抑えられ、例えばそのノイズ成分を抑圧するためのローパスフィルタの時定数を小さく設定でき、その分応答性を高めることができる。

[0029] また、この発明によれば、前記帰還電圧信号の不要な周波数成分を抑圧するフィルタ回路を、発振周波数を通過帯域に含むローパスフィルタとし、2つの圧電振動子に対して共通に印加する帰還電圧信号と2つの圧電振動子に流れる電流の加算信号との位相差を所定値に保つ位相制御回路にオールパスフィルタを設けたことにより

、ゲインを一定としたまま位相制御を行うことができ、安定した発振を維持できるようになる。

- [0030] また、この発明によれば、前記位相制御回路を、帰還電圧信号と加算信号との位相差を力学量の検出感度が最大となるように位相制御するようにしたので、常に最大感度の状態で力学量を検出できるようになる。

#### 図面の簡単な説明

- [0031] [図1]第1の実施形態に係る加速度センサの全体の構成を示すブロック図である。  
[図2]同加速度センサの具体的な回路図である。  
[図3]同加速度センサにおける自励発振回路のオープンループゲインの周波数特性を示す図である。  
[図4]位相制御回路を設けたことによる帰還電圧信号の位相安定性を示す図である。  
[図5]温度変化による加速度検出感度の変化率の特性を示す図である。  
[図6]位相制御回路による出力ノイズ特性の改善効果を示す図である。  
[図7]第2の実施形態に係る加速度センサの構成を示す回路図である。  
[図8]加速度センサに備える圧電振動子の特性を示す図である。  
[図9]従来の加速度センサの全体の構成を示すブロック図である。  
[図10]従来の加速度センサにおけるダンピング比と加速度検出感度の温度変化による変化率レンジおよび自励発振回路のオープンループゲインの周波数特性を示す図である。

#### 発明を実施するための最良の形態

- [0032] まず、この発明の実施形態である加速度センサに備える圧電振動子の特性を図8を参照して説明する。図8において、(A)は、その図中に示した回路で、電圧源の周波数を変化させたときの電流の位相(すなわちアドミタンス位相)の変化を示している。また、実線は応力を印加していない状態、破線は応力を印加した状態である。図8の(B)は(A)における共振周波数域の拡大図である。
- [0033] 図8において、位相が0[deg]になる周波数は、圧電振動子の共振周波数である。図8から明らかなように、応力印加により、共振周波数が $f_r(0)$ から $f_r(x)$ に変化することが分る。また、電圧源の周波数を $f_r(0)$ に固定しておくと、位相は応力印加により $\phi$

(0)から $\phi$  (y)に変化することが分る。

[0034] 次に、第1の実施形態に係る加速度センサの構成を図1〜図6を参照して説明する。

[0035] 図1は加速度センサ全体の構成を示すブロック図である。ここで加速度検出素子10は加速度によって加わる応力の方向が互いに逆である2つの圧電振動子Sa, Sbからなる。電流電圧変換—信号加算回路11は、加速度検出素子10の2つの圧電振動子Sa, Sbに流れる電流信号を電圧信号に変換して、Sa信号およびSb信号を出力する。また、両信号の加算信号を出力する。

[0036] 電圧増幅—振幅制限回路12は、上記加算信号を電圧増幅するとともに、その振幅制限を行う。

[0037] 位相制御回路20は電圧増幅—振幅制限回路12の出力信号の位相を制御する。フィルタ回路17は位相制御回路20の出力信号に対して所定の遮断周波数より高域の信号を減衰させる。

[0038] このフィルタ回路17の出力信号Voscが加速度検出素子10に対して帰還される。すなわち、圧電振動子Sa, Sb、電流電圧変換—信号加算回路11、電圧増幅—振幅制限回路12、位相制御回路20およびフィルタ回路17によるループが自励発振回路を構成していて、帰還電圧信号Voscは、2つの圧電振動子Sa, Sbの共通接続点に印加される。

[0039] 上記位相制御回路20は位相差電圧変換回路15と位相シフト回路16とから構成している。位相差電圧変換回路15は電流電圧変換—信号加算回路11からの加算信号とフィルタ回路17の出力信号である帰還電圧信号Voscとの位相差に応じた電圧信号を発生する。位相シフト回路16は位相差電圧変換回路15から出力された電圧信号に応じた位相シフト量だけ電圧増幅—振幅制限回路12の出力信号を位相シフトさせてフィルタ回路17へ出力する。

[0040] 上記フィルタ回路17は図10の(B)に示した不要周波数帯域の周波数成分を抑圧するように、所望の発振周波数(圧電振動子の共振周波数 $f_r$ )付近を遮断周波数としてこの所望発振周波数より高域側を減衰させる。その結果、図10の(B)に示した不要周波数帯での最大ゲイン $G_n$ を低下させて、所望発振周波数 $f_r$ でのゲイン $G_s$ と $G_n$

との差を大きくすることができる。

- [0041] なお、フィルタ回路17によってその入出力信号の位相が変化するが、位相制御回路20が2つの圧電振動子Sa, Sbに流れる電流の加算値に相当する加算信号とその2つの圧電振動子に対して共通に印加する帰還電圧信号Voscとの位相差が常に所定値となるように位相制御するので、フィルタ回路17による位相変化分は打ち消される。その結果、抵抗RLa, RLbの値を大きくしてダンピング比を大きくしても上記自励発振回路を安定して発振させることができる。
- [0042] 位相差電圧変換回路13は、この発明に係る「位相差信号処理回路」に相当する回路であり、電圧信号として変換されたSa信号とSb信号との位相差に比例した電圧信号を生成する。
- [0043] 増幅-フィルタ回路14は、位相差電圧変換回路13により変換された電圧信号を所定のゲインで増幅し、不要な周波数帯域の成分を除去して、加速度検出信号として出力する。
- [0044] 図1の回路で、圧電振動子SaとSbの共振周波数を揃え、Voscの周波数をSaとSbの共振周波数 $f_r(0)$ とすることによって、圧電振動子Sa、圧電振動子Sbに、それぞれ逆相の応力が印加されたとき、その応力に略比例した電圧信号を増幅-フィルタ回路14から出力することができる。
- [0045] Voscの周波数は、圧電振動子SaとSbの共振周波数に限らず、図8に示した周波数-位相特性が略直線と見なせる周波数に設定しておけば、加速度信号を検出することができる。最も加速度検出感度が高くなるのは、Voscの周波数を圧電振動子Sa, Sbの共振周波数に一致させたときであるが、実用的には、アドミタンス位相が $\pm 45$  [deg] 以内となる周波数であれば良い。
- [0046] また、圧電振動子SaとSbの共振周波数が揃っていない場合でも、Voscの周波数が、圧電振動子SaとSbのアドミタンス位相が、 $\pm 45$  [deg] 以内となるようにすれば実用的な感度となる。好ましくは、Voscの周波数が圧電振動子Saの共振周波数と圧電振動子Sbの共振周波数の中間であれば良い。
- [0047] 圧電振動子Sa、圧電振動子Sbには、それぞれ圧縮(引っ張り)、引っ張り(圧縮)という具合に、逆相の応力が印加されるので、圧電振動子SaとSbの特性変化が常に



逆相となるため、加算すると打ち消し合い、電流電圧変換—信号加算回路11から出力される加算信号は、加速度印加によらず常に同じ特性となるので、加速度印加によって圧電振動子SaとSbの特性が変化しても、Voscの周波数は変動しない。

- [0048] なお、図8に示したように、圧電振動子の位相特性にはアドミタンス位相が、 $\pm 45$  [deg]以内となる領域が2箇所(共振周波数域と反共振周波数域)存在するが、反共振周波数域では、圧電振動子のインピーダンスが高いので、電流電圧変換—信号加算回路11に流入する電流が少なくなることにより、ゲインが小さくなり発振しない。
- [0049] これに対し、共振周波数域では、圧電振動子のインピーダンスが低いために、電流電圧変換—信号加算回路11に電流が多く流れ、ゲインが大きくなるので、安定に発振する。
- [0050] 共振周波数域では、圧電振動子のインピーダンスと電流電圧変換—信号加算回路11の入力インピーダンスが、双方とも低く、また、整合も取りやすいため、C/N比を向上させることが容易である。
- [0051] 次に、図1に示した加速度センサの具体的な回路を図2に示す。まず電流電圧変換—信号加算回路11において、オペアンプOP1と帰還抵抗R21とで第1の電流電圧変換回路を構成し、オペアンプOP2と帰還抵抗R22とで第2の電流電圧変換回路を構成している。さらに、オペアンプOP3と抵抗R23, R24, R25とによって加算回路を構成している。
- [0052] 図2に示したフィルタ回路17はオペアンプOP6、抵抗R51, R52、コンデンサC3, C4からなり、二次ローパスフィルタを構成している。すなわち遮断周波数より高い周波数帯域で、周波数が10倍高くなるごとに40dBの割合で利得が減衰する。
- [0053] 図3の(A)はダンピング比を2とした場合、また、図3の(B)はダンピング比を6とした場合の、このフィルタ回路17を含む自励発振回路のオープンループゲインの周波数特性を示している。図10の(B)と(C)に示した特性と比べれば明らかなように、不要周波数帯での最大ゲインGnが大きく減衰して、所望発振周波数でのゲインGsとの差が25.9dBと17.6dBになり十分に大きくなる。そのため、図1に示した抵抗RLa, RLbの値を大きくすることによってダンピング比を大きくしても異常発振を防止できる。つまり、図3の(B)に示すように、ダンピング比を6としても、不要周波数帯でのレス

ポンスNの最大ゲイン $G_n$ との差が17.6dBになり、異常発振の目安とされている10dBに対して7.6dBだけまだ余裕がある。

- [0054] 図2において、位相シフト回路16は比較回路161、基準電圧回路160およびオールパスフィルタ162とで構成している。比較回路161はオペアンプOP4、抵抗R30およびコンデンサC1からなり、基準電圧回路160の発生する基準電圧と位相差電圧変換回路15が出力する電圧との比較を行って、その電圧差を所定倍増幅した電圧信号を出力する。
- [0055] オールパスフィルタ162は、全周波数帯域に亘ってゲインが一定で位相が0度から180度まで変化する特性を備えている。
- [0056] 図4は図1に示した位相制御回路20による効果を示している。加速度検出素子10の特性が含まれていると全体の位相特性が複雑に現れるので、ここでは加速度検出素子10を除いた回路でその特性を示している。位相制御回路20を設けない従来の回路では、Bで示すように周波数変化に対する位相変化の傾きが急であるが、位相制御回路20を設けることによって、フィルタ回路17を設けていない従来回路に比べても、Aで示すように所定の位相制御周波数帯域で、周波数変化に対する位相変化の傾きが非常に小さく抑えられる。
- [0057] 発振周波数(圧電振動子の共振周波数 $f_r$ )を中心とする所定周波数帯域を位相制御帯域とし、このように位相制御帯域で周波数変化に対する位相変化の傾きが小さいと、圧電振動子Sa, Sbの共振周波数が製造要因などでばらついても、加速度検出感度のばらつきが小さく抑えられる。また、位相制御回路20を設けることによって、2つの圧電振動子に対する帰還電圧信号 $V_{osc}$ の位相を所定の位相に制御できるようになる。この実施形態では、その位相を6度に設定した。自励発振回路のトータルの位相は0度であるので、加速度検出素子10の位相は-6度となる。これは加速度検出素子10に流れる電流の位相がその印加電圧に対して-6度となることを意味する。このポイントは、この実施形態で用いた加速度検出素子10の電流位相傾斜が最も直線的且つ急勾配になるポイントである。このようなポイントになるように位相を制御することによって、加速度検出感度が最大となり且つリニアリティも良くなるという効果が得られる。もちろん上述の「6度」はこの実施形態で設定した値であり、加速度検出素子

10の特性やセンサの目的に応じて適宜設定すればよい。

[0058] 図5は温度変化による加速度検出感度の変化率の改善効果を示している。(A)はダンピング比を2としたときの加速度検出感度の温度変化による変化率を、また(B)はダンピング比を6とした時の加速度検出感度の温度変化による変化率を示している。これらの例は、いずれも3つのサンプルを用いて測定した。従来回路ではダンピング比を6としたとき異常発振して加速度センサとして機能しなくなったが、この実施形態ではダンピング比を6としても安定に動作するようになり、 $-40^{\circ}\text{C}$ から $-90^{\circ}\text{C}$ の広い温度範囲に亘って加速度検出感度の変化率レンジを $\pm 2\%$ 以内に抑えることができた。

[0059] 図6は位相制御回路20による出力ノイズ特性の改善効果について示している。図6の(A)は従来回路の場合、(B)は本発明回路の場合である。ここで出力ノイズは図1に示した位相差電圧変換回路13の出力に表れるノイズ成分である。位相制御回路20を設けない従来回路では(A)に示すように、ランダムな出力ノイズの振幅が大きいのに対し、位相制御回路20を備えたこの実施形態に係る加速度センサでは、表れる出力ノイズが約 $1/2$ に抑えられた。これは位相制御回路20によって加速度検出素子10に対する帰還電圧信号 $V_{osc}$ の位相が安定し、その結果発振が安定化したことに起因しているものと考えられる。このように出力ノイズ成分が小さくなるので、増幅フィルタ回路14で出力ノイズ成分を抑圧するためのローパスフィルタの時定数を小さく設定できる。その結果、センサとしての応答性を高めることができる。

[0060] 次に、第2の実施形態に係る加速度センサについて図7を基に説明する。

[0061] 図2に示した構成と異なるのは、電流電圧変換—信号加算回路11の構成である。この第2の実施形態では、加速度検出素子10の圧電振動子 $S_a$ ,  $S_b$ に流れる電流 $I_a$ ,  $I_b$ が抵抗 $RL_a$ ,  $RL_b$ に流れた際に、その抵抗 $RL_a$ ,  $RL_b$ に生じる電圧を加算するものである。オペアンプOP1, OP2はそれぞれ入力インピーダンスが非常に高く、利得が1の電圧フォロア回路を構成していて、オペアンプOP3と抵抗 $R_{25}$ ,  $R_{26}$ は非反転増幅回路を構成している。更にこの非反転増幅回路と抵抗 $R_{23}$ ,  $R_{24}$ とによって加算回路を構成していて、オペアンプOP1, OP2の出力電圧の加算信号を得る。

[0062] また、図2では抵抗 $RL_a$ ,  $RL_b$ を加速度検出素子10に対して直列に接続したが、

図7の例では抵抗RLa, RLbをオペアンプOP1, OP2の入力と接地との間に接続している。

- [0063] なお、第1・第2の実施形態では、2つの圧電振動子Sa, Sbに加速度によって加わる応力差を検出する加速度センサについて示したが、その他の力学量によって圧電振動子Sa, Sbに逆向きの応力が加わるように構成すれば、その力学量を検出するセンサが同様にして構成できる。たとえば、角加速度により2つの圧電振動子Sa, Sbに応力差が発生するように構成すれば角加速度センサとして用いることができる。また、角速度により2つの圧電振動子Sa, Sbに応力差が発生するように構成すれば角速度センサとして用いることができる。同様に、荷重により2つの圧電振動子Sa, Sbに応力差が発生するように構成すれば荷重センサとして用いることができる。

#### 産業上の利用可能性

- [0064] この発明は、運動する物体の加速度、角加速度、角速度、荷重等の力学量を検出して、その物体の状態やその物体に関与する装置の状態を検知するために利用できる。

### 請求の範囲

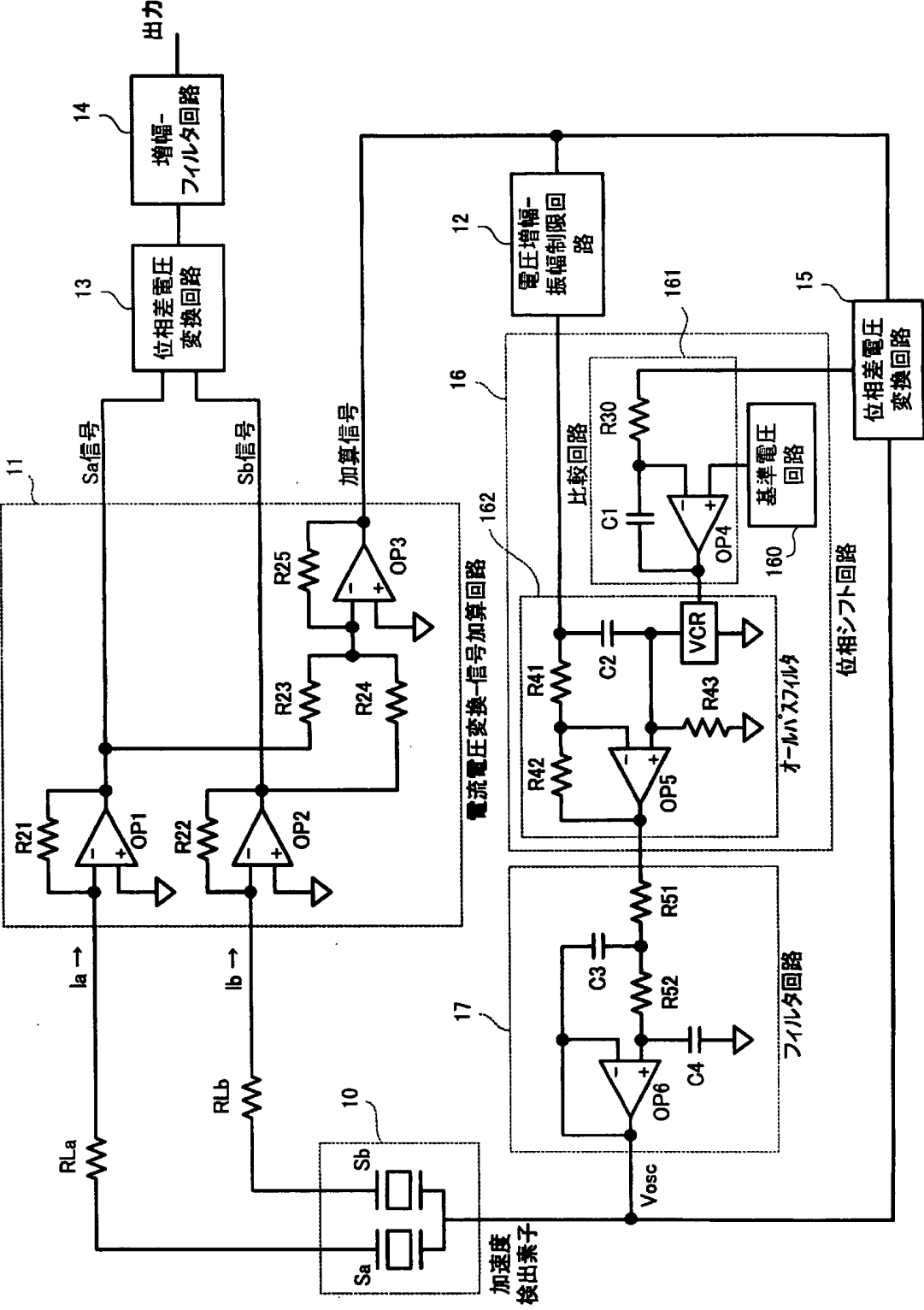
- [1] 力学量によって加わる応力が互いに逆である2つの圧電振動子と、該2つの圧電振動子に対して共通に電圧信号を印加する電圧信号印加回路と、前記2つの圧電振動子に流れる電流信号をそれぞれ電圧信号に変換する電流電圧変換回路と、該電流電圧変換回路の出力信号同士の位相差を検出して力学量検出信号を出力する位相差信号処理回路とを設けてなる力学量センサにおいて、
- 前記2つの圧電振動子の電流経路に抵抗を接続し、
- 前記電圧信号印加回路を、
- 前記2つの圧電振動子に流れる電流の加算値に相当する加算信号を電圧増幅する電圧増幅回路と、
- 該電圧増幅回路から出力される電圧信号の振幅を所定値に制限する振幅制限回路と、
- 前記2つの圧電振動子に対して共通に印加する帰還電圧信号と前記加算信号との位相差を検出し、該位相差が所定値となるように前記帰還電圧信号の位相を制御する位相制御回路と、
- 前記帰還電圧信号の不要な周波数成分を抑圧するフィルタ回路と、
- から構成して、
- 前記圧電振動子と、前記電圧増幅回路と、前記振幅制限回路と、前記位相制御回路と、前記フィルタ回路とで発振動作させるようにした力学量センサ。
- [2] 前記フィルタ回路を、前記発振周波数を通過帯域に含むローパスフィルタとし、
- 前記位相制御回路を、前記加算信号と前記帰還電圧信号との位相差を電圧信号に変換する位相差電圧変換回路と、
- 該位相差電圧変換回路の出力信号と基準信号とを比較する比較回路と、
- 該比較回路の出力電圧によってインピーダンスが変化する電圧制御抵抗回路と、
- 該電圧制御抵抗回路のインピーダンスによって位相が変化するオールパスフィルタと、
- から構成した請求項1に記載の力学量センサ。
- [3] 前記位相制御回路は、前記帰還電圧信号と前記加算信号との位相差を力学量の

検出感度が最大となるように位相制御する請求項1または2に記載の力学量センサ。

- [4] 前記力学量は加速度である請求項1〜3のいずれかに記載の力学量センサ。
- [5] 前記力学量は角加速度である請求項1〜3のいずれかに記載の力学量センサ。
- [6] 前記力学量は角速度である請求項1〜3のいずれかに記載の力学量センサ。
- [7] 前記力学量は荷重である請求項1〜3のいずれかに記載の力学量センサ。

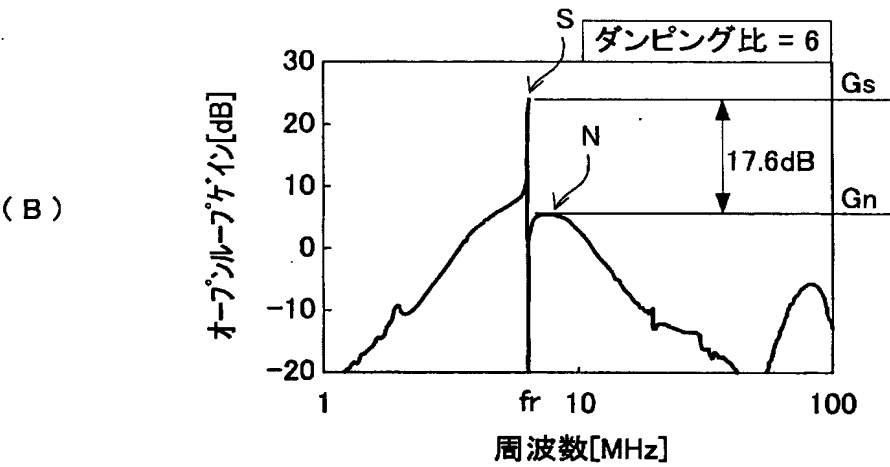
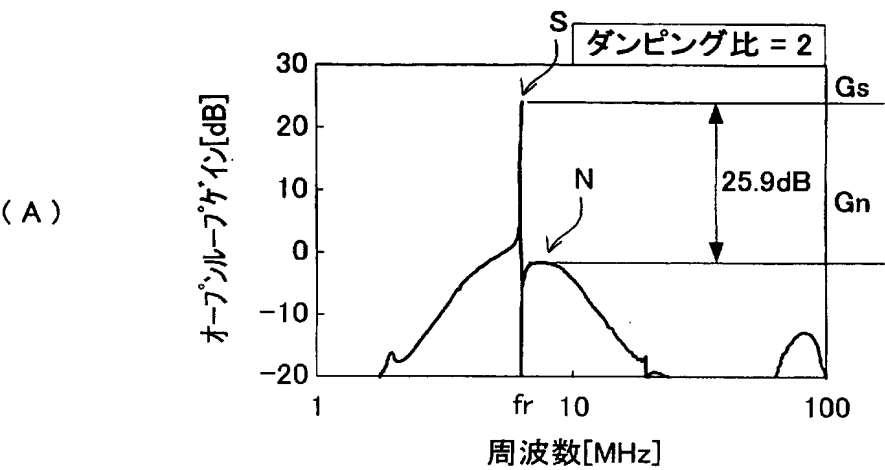


[図2]

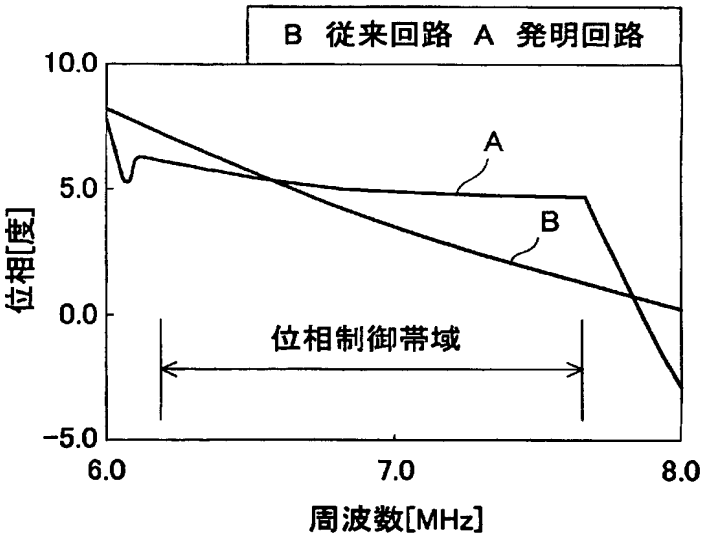




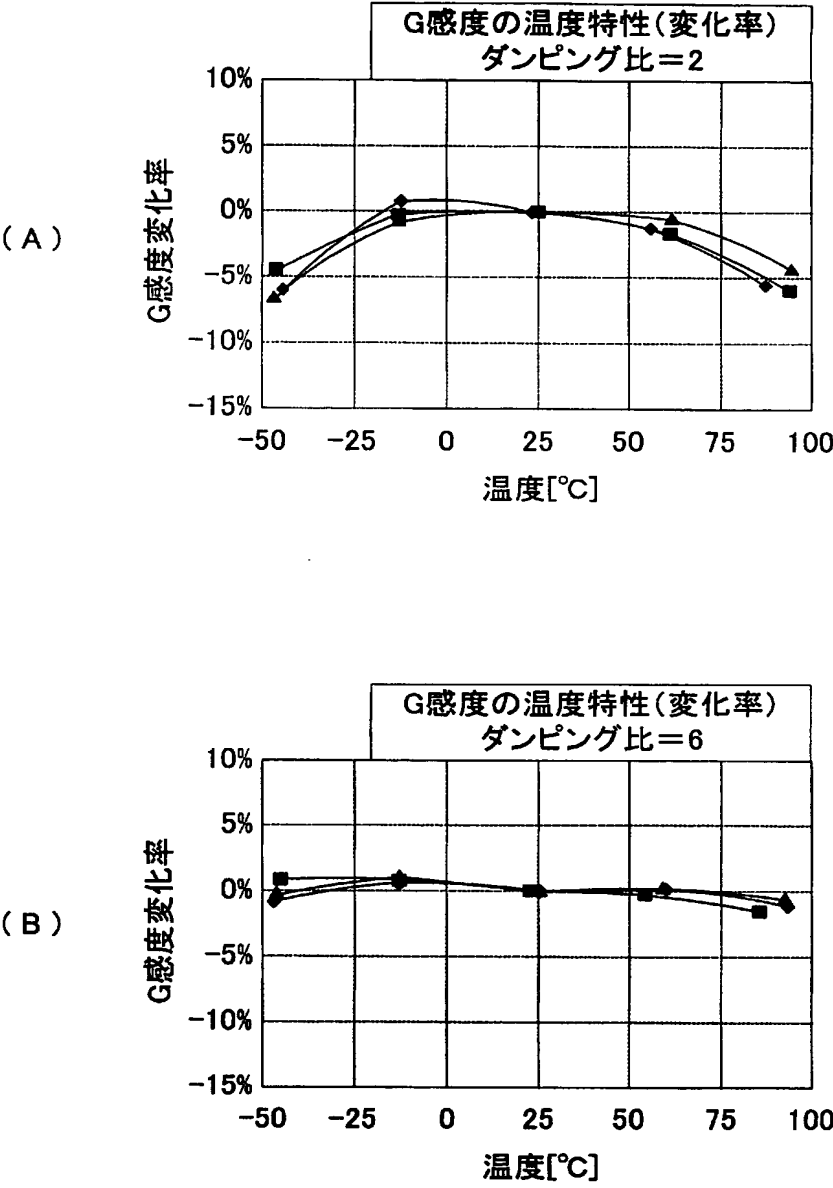
[図3]



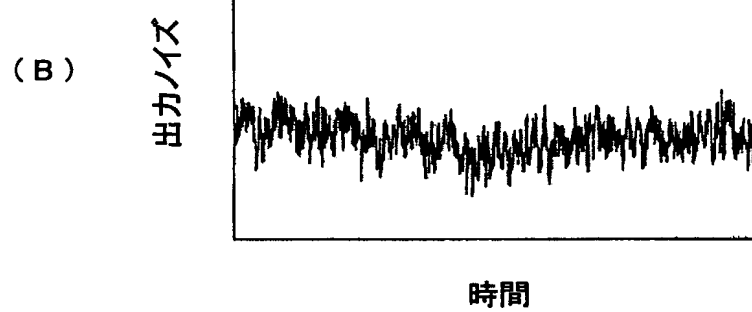
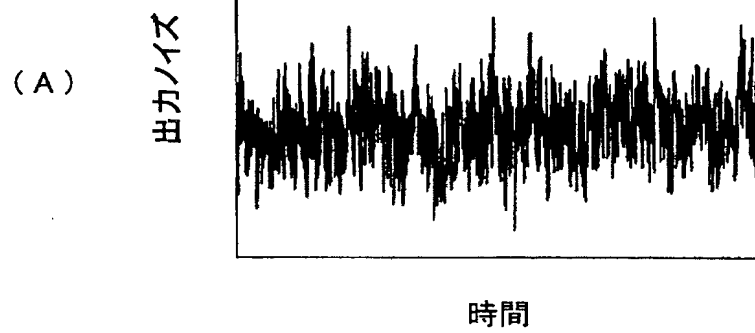
[図4]



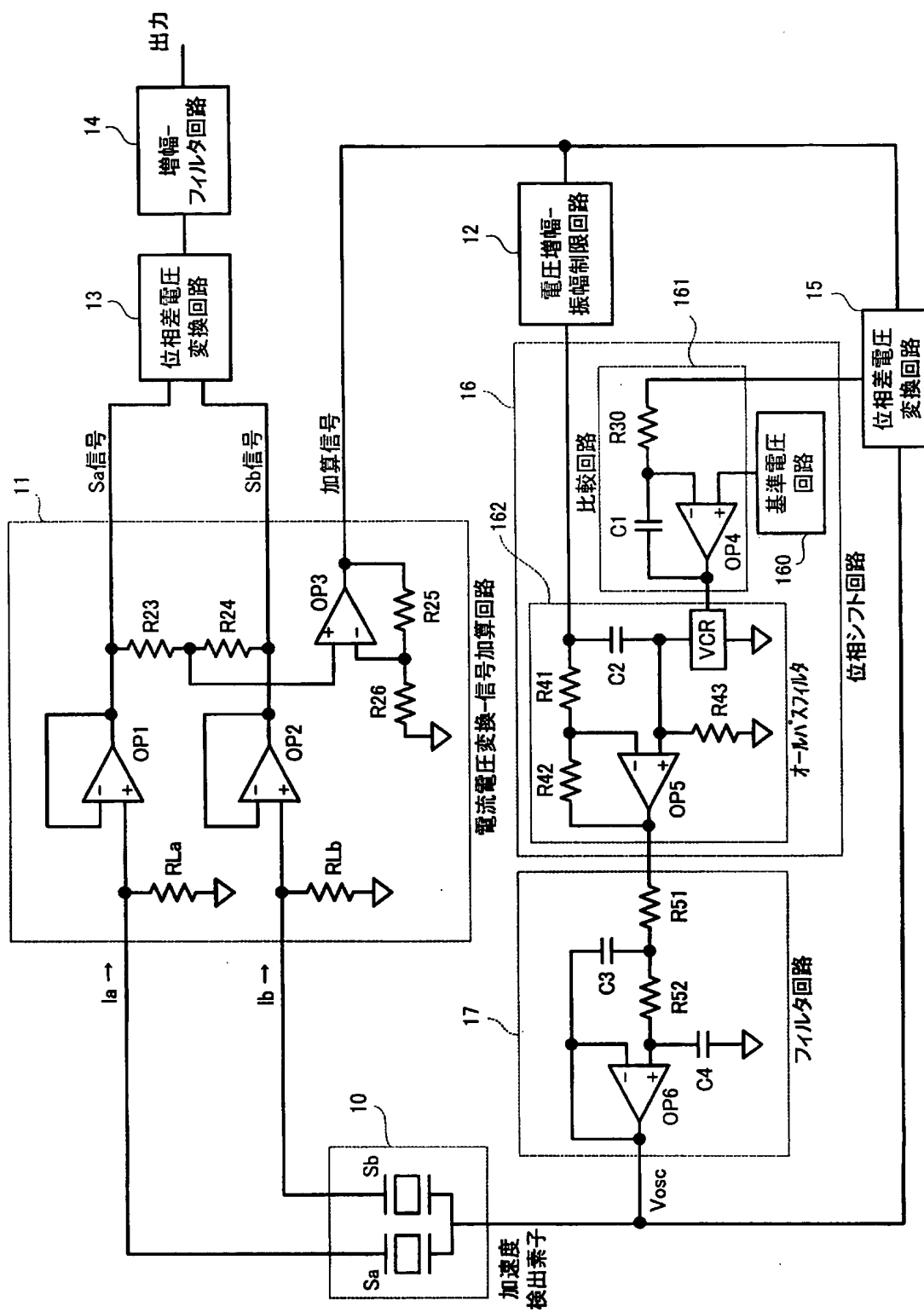
[図5]



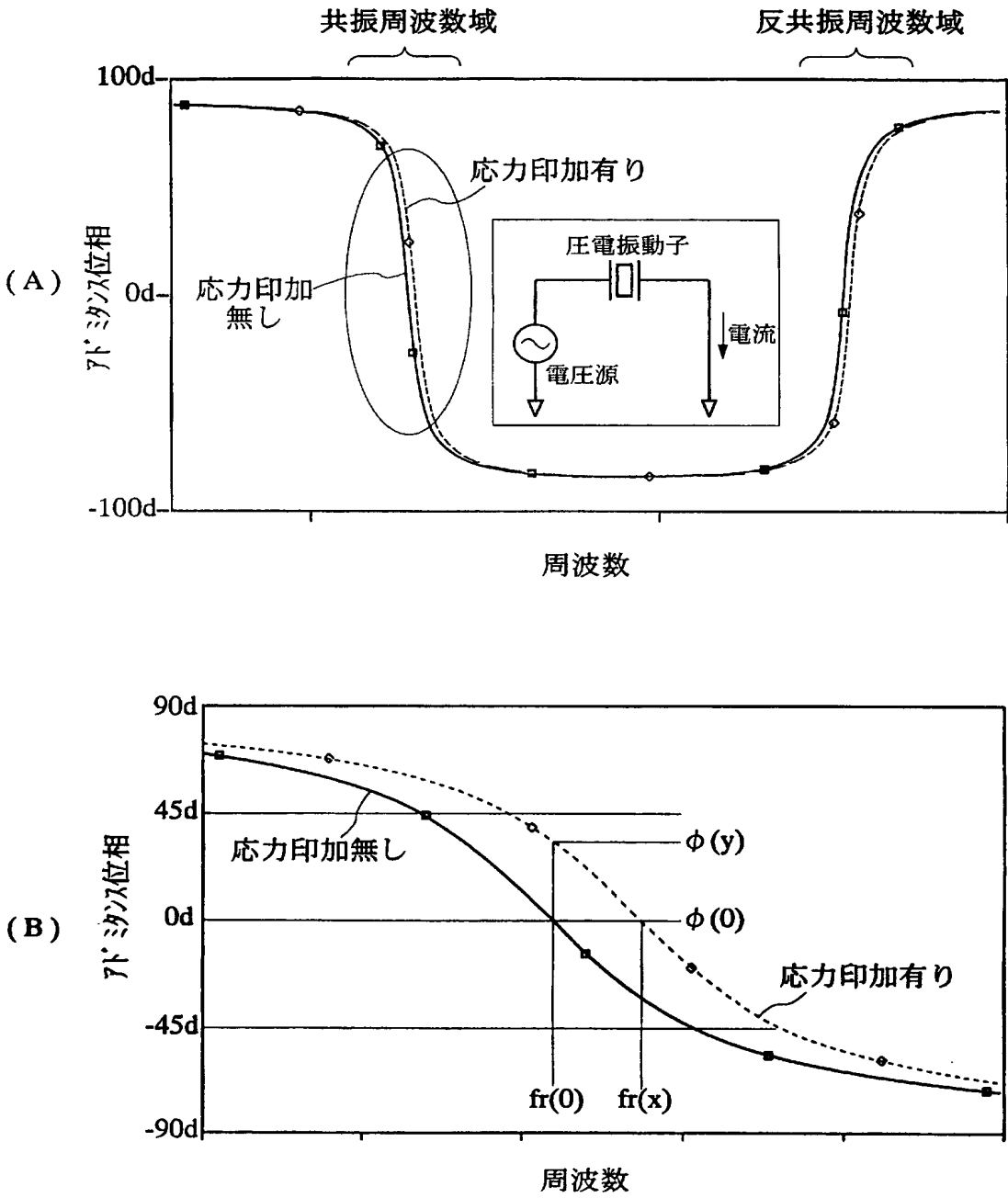
[図6]



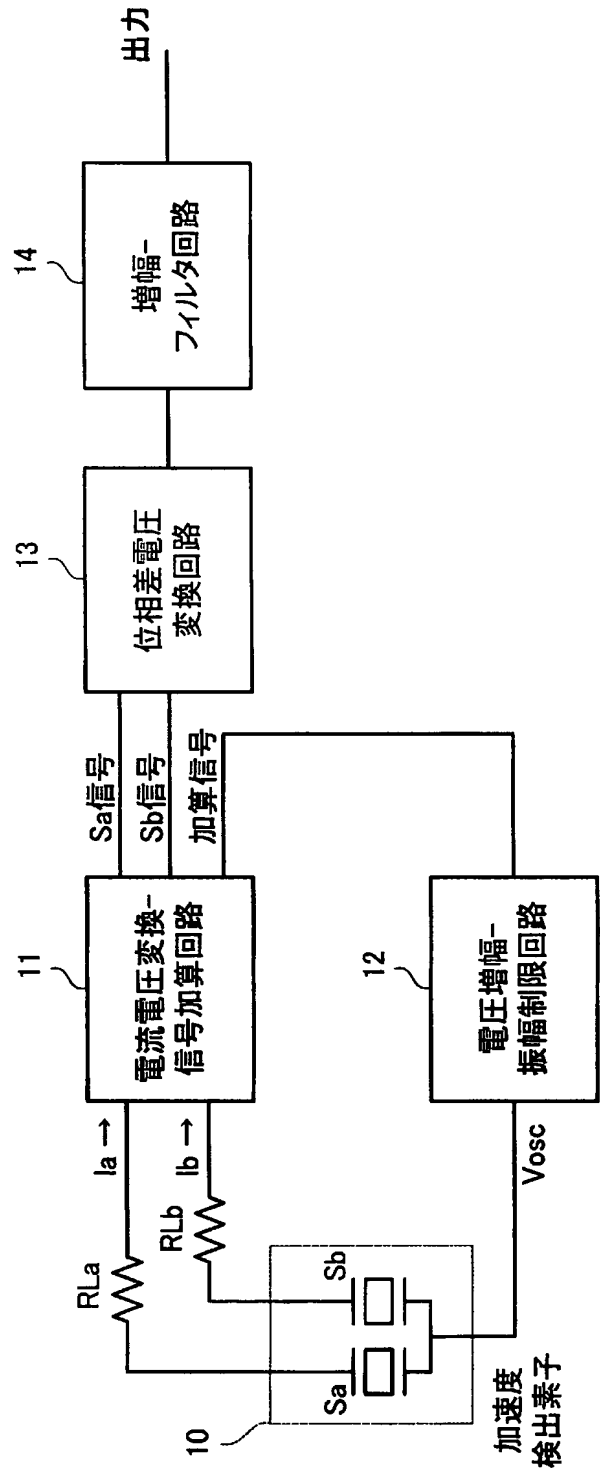
[図7]



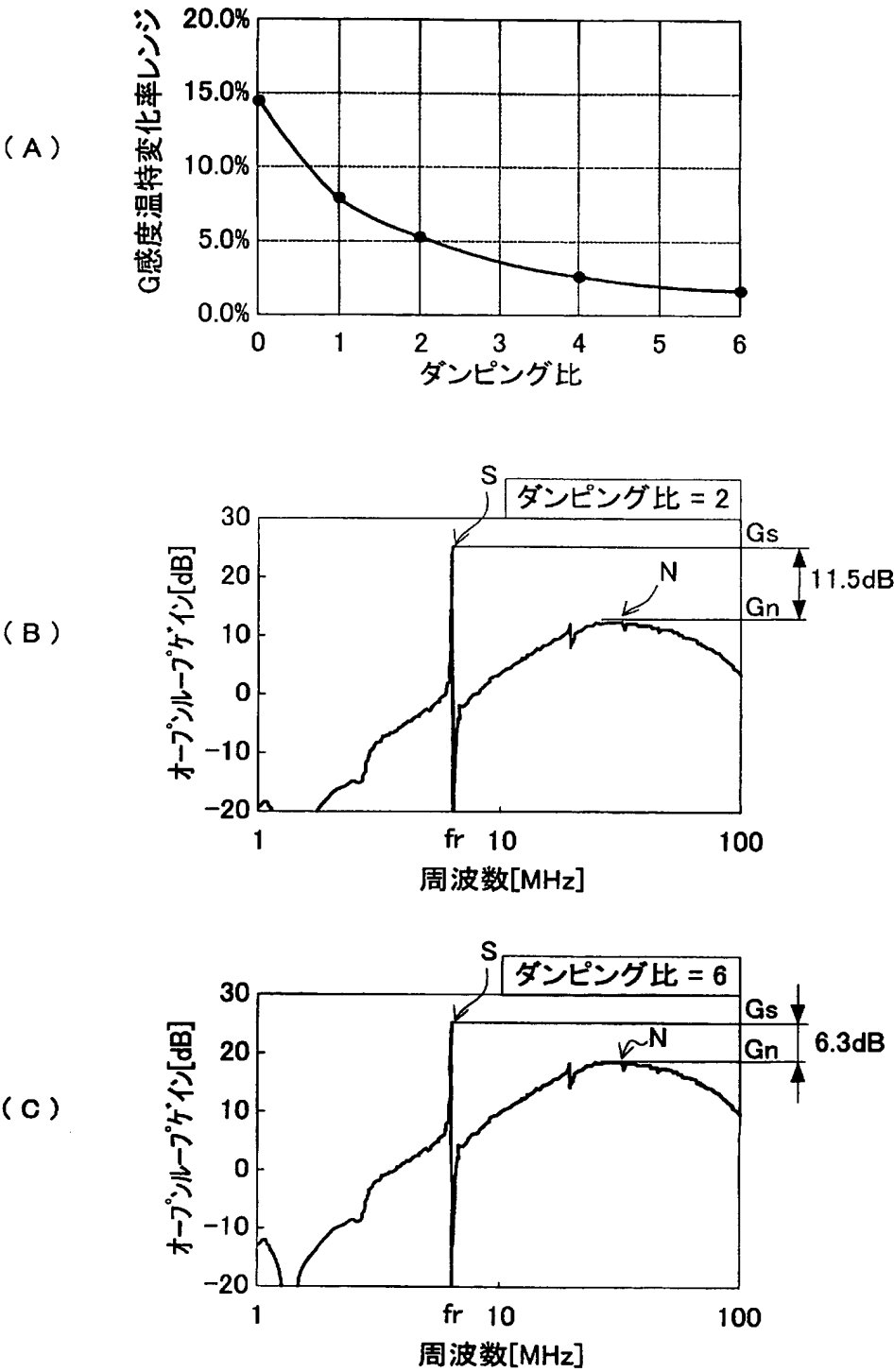
[図8]



[図9]



[図10]



# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2004/007248

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl<sup>7</sup> G01P15/09, G01P15/00, G01P3/44, G01L1/10

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl<sup>7</sup> G01P15/09, G01P15/00, G01P3/44, G01L1/10

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2004
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2004	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2004

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 1324052 A2 (Murata Manufacturing Co., Ltd.), 02 July, 2003 (02.07.03), Fig. 5 & US 2003/164696 A & CN 1430046 A & JP 2003-254991 A	1-7
Y	JP 62-50630 A (Teraoka Seiko Co., Ltd.), 05 March, 1987 (05.03.87), Fig. 1 (Family: none)	1-7

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

\* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search  
30 August, 2004 (30.08.04)

Date of mailing of the international search report  
14 September, 2004 (14.09.04)

Name and mailing address of the ISA/  
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.



## 国際調査報告

国際出願番号 PCT/JP2004/007248

## A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl<sup>7</sup> G01P15/09, G01P15/00, G01P3/44, G01L1/10

## B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl<sup>7</sup> G01P15/09, G01P15/00, G01P3/44, G01L1/10

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1922年-1996年
日本国公開実用新案公報	1971年-2004年
日本国実用新案登録公報	1996年-2004年
日本国登録実用新案公報	1994年-2004年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

## C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
Y	EP 1324052 A2 (Murata Manufacturing Co., Ltd.) 2003. 07. 02, FIG. 5 & US 2003/164696 A & CN 1430046 A & JP 2003-254991 A	1-7
Y	JP 62-50630 A (株式会社寺岡精工) 1987. 03. 05, 第1図 (ファミリーなし)	1-7

☐ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

## \* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの  
「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの  
「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)  
「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献  
「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

## の日の後に公表された文献

「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの  
「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの  
「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの  
「&」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日 30. 08. 2004

国際調査報告の発送日 14. 9. 2004

国際調査機関の名称及びあて先  
日本国特許庁 (ISA/JP)  
郵便番号100-8915  
東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)  
越川 康弘

2F 9605

電話番号 03-3581-1101 内線 3216